Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 39-58
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۵۸-۳۹
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

Evaluating the Effect of Sowing Date and Mycorrhiza on Physiological Performance and Yield of Lentil Cultivars in Dry Land Conditions in Dashtroom Yasouj Region

Hossein Shojaei-Moghadam[1], Mohsen Movahhedi-Dehnavi[2*], Alireza Khoshroo[3], Hamidreza Balouchi[2], Alireza Yadavi[4]

Received: 11-03-2023 Revised: 10-01-2024 Accepted: 27-01-2024 Available Online: 01-06-2024	**Cite this article:** Shojaei-Moghadam, H., Movahhedi-Dehnavi, M., Khoshroo, A., Balouchi, H., & Yadavi, A. (2024). Evaluating the effect of sowing date and mycorrhiza on physiological and yield traits of lentil cultivars in dry land conditions in Dashtroom Yasouj region. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 39-58. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

Introduction
Legumes are considered the second source of human food after cereals and have significant nutritional and agricultural values. Because of the drought resistance of lentils cultivars, dryland production of spring types could be important in the suitable regions with the proper temperature and rainfall, such as temperate regions of Yasouj county, Iran. To achieve the optimum yield of lentil using the most suitable cultivar (s) in the most proper sowing date is substantial. Mehraban (2018) reported that the highest grain yield in rainfed conditions belonged to Bilehsawar variety, which may be due to the higher weight of 1000 seeds in this variety. Also, in this research, it was found that the delay in planting by reducing the growth period and drought and heat stress in the seed filling stage causes a decrease in vegetative growth (a decrease in the branches in the plants and also a decrease in biological yield) and also a decrease in yield components such as the number of seeds. To mitigate end season drought stress in dryland lentil cultivation mycorrhizae symbiosis can be a proper practice. In a study by Piade Koohsar (2017), it was reported that the effect of mycorrhizal inoculation on grain yield in lentil plant was significant. He also reported that the highest seed yield from inoculation with mycorrhizal fungus in the Kimia variety was 1939 kg.ha^{-1}, and the lowest seed yield was observed in the control treatment (no inoculation) in the Kalpoosh native stand at 1339 kg.ha^{-1}. The objective of this experiment was to evaluate the effect of sowing date and mycorrhiza symbiosys on physiological and yield traits of lentil cultivars in dry land conditions in Dashtroom, Yasouj, I.R.Iran.

Materials and Methods
This research was carried out in 2020-2021 cropping season in the Deshtrum region, located 10 kilometers from the center of Boyar Ahmad county of Kohgiluyeh and Boyar Ahmad provinces, with average rainfall of 726 mm. The experiment performed as a split factorial based on a randomized complete block design with 3 replications. The main factor was three planting dates (January 28, February 12, and February 27) and the sub-factor was interaction of two factors including three lentil varieties (Sena, Bilehsawar, and Local accession) and mycorrhiza (*Funneliformis moseae*) (with and without). Leaf proline, chlorophyll, and soluble sugars content, as well as, seed nitrogen and phosphorus were measured. Plant height, grain and biological yield were measured. The data were analyzed using SAS software after performing the normality test and mean comparisons were made using the LSD test, and in the case of interaction being significant slicing was done and means compared by L.S.Means procedure.

Results and Discussion
The results showed significant effect of the triple interaction of sowing date, mycorrhiza, and cultivar on grain nitrogen percentage, total chlorophyll, leaf soluble sugars content, and biological yield. Also, the results showed that the interaction of cultivar and mycorrhiza on the plant height, grain phosphorus, total chlorophyll, the content of leaf soluble sugars, and biological yield were significant. The interaction of sowing date and variety for all studied traits except plant height were significant. Under the January 28 sowing date and mycorrhiza application, Sanna variety

---

1, 2, 3 and 4- M.Sc. Student, Professor, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran, respectively.
* Corresponding Author: movahhedi1354@yu.ac.ir

obtained the highest percentage of grain nitrogen (4.59%), total chlorophyll content (0.45 $mg.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$), leaf soluble sugar content (about 120 $mg.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$) and biological yield (3243.23 $kg.ha^{-1}$) in. Also, the highest seed phosphorus percentage (1.67%), leaf proline content (13.16 $\mu mol.g^{-1}$ leaf $_{fresh\ weight}$), and seed yield (1152.90 $kg.ha^{-1}$) related to the planting date of January 28 and Sanna variety. Application of mycorrhiza in nearly all of the traits had better performance compared with non mycorrhiza application. We saw that all cultivars had the best nutrient absorption, physiological characteristics and yield under mycorrhizal inoculation.

Conclusions

The use of mycorrhizal fungi increased all the measured traits. Also, in all three sowing dates, the variety Sanna had the highest performance in terms of the studied traits. However, the grain yield and biological yield of the January 28 sowing date were higher than other sowing dates; therefore, it can be said that the early planting (28 January) of lentil cultivars in the Dashtrum region helps the plant to achieve the maximum benefit from the growing season. On the other hand, the best result was obtained from the use of mycorrhizal fungi. According to the above conditions, the variety of Sanna along with the use of mycorrhizal fungi is the best variety for early planting in dryland conditions in the Dashtrom region.

Keywords: Chlorophyll, Nitroge, Phosphorusn, Proline

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 1, June 2024, pp. 39-58
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir/

پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۱، نیمهٔ اول ۱۴۰۳، ص. ۵۸-۳۹
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.81269.1053

ارزیابی اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد سه رقم عدس تحت شرایط دیم در منطقه دشتروم یاسوج

حسین شجاعی مقدم[۱]، محسن موحدی دهنوی[۲*]، علیرضا خوشرو[۳]، حمیدرضا بلوچی[۲]، علیرضا یدوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۰۷

چکیده

با توجه به اهمیت تأثیر همزیستی مایکوریزایی در بهبود تحمل به خشکی و همچنین اهمیت انتخاب تاریخ کاشت مناسب هر رقم جهت استفاده بهینه از فصل رشد و رطوبت در کشت دیم عدس بهاره، این پژوهش با هدف ارزیابی اثر تاریخ کاشت و تلقیح با مایکوریزا بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک سه رقم عدس تحت شرایط دیم، طی سال زراعی۱۴۰۰- ۱۳۹۹ به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در منطقه دشتروم، یاسوج انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه تاریخ کاشت (۹ بهمن، ۲۴ بهمن و ۹ اسفند) و عامل فرعی فاکتوریل دو رقم عدس (سنا، بیله‌سوار و توده محلی) و مایکوریزا (با و بدون مایکوریزا گونه *Funneliformis moseae*) بود. نتایج نشان داد که تلقیح با مایکوریزا درصد نیتروژن و فسفر دانه، کلروفیل کل، محتوای پرولین و قندهای محلول برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی را افزایش داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن‌ماه، از بین ارقام مورد بررسی، رقم سنا از عملکرد دانه (۱۱۵۲/۹۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیستی (۳۲۴۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار) بالاتری برخوردار بود که نشان‌دهنده بهبود مقاومت بیشتر این رقم به شرایط نامساعد محیطی حاصل از شرایط دیم می‌باشد. در نهایت، رقم سنا به‌همراه کاربرد قارچ مایکوریزا جهت کاشت زود هنگام در شرایط دیم در منطقه دشتروم پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: پرولین، فسفر، کلروفیل، نیتروژن

مقدمه

حبوبات بعد از غلات به‌عنوان دومین منبع غذایی انسان مطرح بوده و از ویژگی‌های غذایی و زراعی قابل توجهی برخوردار می‌باشند. عدس از لحاظ سطح زیر کشت، سومین حبوبات مهم سرمادوست دنیا پس از نخود و نخودفرنگی است و رتبه ششم را در تولید حبوبات بعد از لوبیا، نخود فرنگی، نخود، باقلا و لوبیا چشم بلبلی دارد. با این حال، سطح زیر کشت، تولید و میانگین عملکرد جهانی عدس به‌ترتیب ۵۰۰۹۹۳۳ هکتار، ۶۵۳۷۵۸۱ تن و ۱۳۰۵ کیلوگرم بر هکتار در سال ۲۰۲۰ گزارش شده است (FAO, 2020). مطابق آمارنامه محصولات زراعی، حدود ۶۱۳۱۰۹ هکتار از اراضی محصولات زراعی سالانه برداشت شده در کشور در سال زراعی ۱۴۰۱- ۱۴۰۰ به حبوبات اختصاص‌یافته است. از این مقدار، عدس حدود ۷۵۱۴۶ هکتار را به خود اختصاص داده است. میزان سطح زیر کشت عدس در شرایط دیم در استان کهگیلویه و بویراحمد، ۱۵۷۴ هکتار و میزان تولید عدس در این شرایط برابر با ۱۰۰۸ تن بوده است، که ۱۱۲ تن آبی و ۸۹۶ تن دیم را شامل می‌شود (Agricultural Statistics, 2022). بروز تنش خشکی در مراحل انتهایی چرخه زندگی عدس، غیر قابل اجتناب است. این تنش، چه به‌صورت جداگانه یا در ترکیب با دمای بالا در طول فاز زایشی، عملکرد عدس را کاهش می‌دهد (Sita et al., 2017). اگرچه عدس به‌خوبی با شرایط خشک سازگار است، تنش آبی می‌تواند عملکرد را تا ۵۴ درصد کاهش دهد (Mishra et al., 2016).

مدیریت تاریخ کاشت و استفاده از ارقام جدید و مقاوم به تنش در شرایط دیم می‌تواند در ثبات عملکرد نقش مهمی داشته باشد. مهربان (Mehraban, 2018) گزارش داد که بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط دیم به رقم بیله سوار تعلق داشت که ممکن است به‌دلیل وزن هزار دانه بالاتر در این رقم باشد. همچنین، در این پژوهش مشخص شد که تأخیر در کاشت از طریق کاهش دوره رشد و تنش خشکی و حرارتی در مرحله پر شدن دانه سبب کاهش رشد رویشی (کم شدن

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد، استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران.
(*- نویسنده مسئول: movahhedi1354@yu.ac.ir)

شاخه‌های فرعی در بوته‌ها و نیـز کـاهش عملکـرد زیسـتی) و همچنین، کاهش اجزای عملکرد دانه مانند تعداد دانه در بوتـه و وزن هزار دانه خواهد شد. در آزمایشی، گزارش شده است که ویژگی‌های ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکـرد دانـه و عملکـرد زیسـتی تحـت اثـر متقابـل ژنوتیپ و تـاریخ کاشـت در سـطح احتمـال یـک درصـد قـرار گرفتند، به‌طوری‌که عملکرد دانه در تاریخ کاشت فوریه نسـبت به نوامبر ۶۶ درصد کـاهش را در ایسـتگاه تحقیقـاتی کـف در شمال غربی تونس نشان داد (Ouji & Mouelhi, 2017).

استفاده از کودهای زیستی، به‌ویژه مایکوریزا برای تخفیـف اثرهای تنش امروزه در تحقیقات به‌وفور دیده می‌شود. معمـولاً گیاهان مایکوریزایی با اسـتفاده از روابـط آبـی و تغذیـه بهتـر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزایی می‌توانند به‌طـور موقـت از شرایط کم‌آبی ناشی از شرایط دیم فـرار کننـد و کمتـر دچـار آسیب شوند و در نتیجه، میزان پرولین نسبت به گیاهان بدون مـایکوریزایی افـت کمتـری نشـان مـی‌دهـد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019).

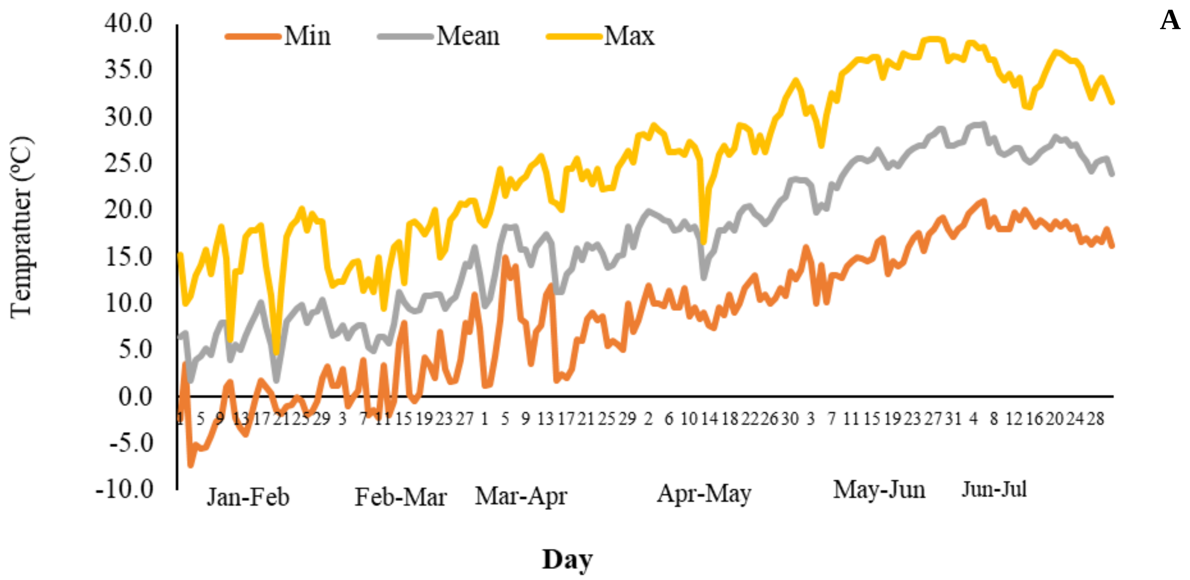
در مطالعه پیاده کوهسار (Piade Koohsar 2017) گزارش شد که اثر تلقیح قارچ مایکوریزا بر روی عملکرد دانـه در گیـاه عدس در سطح احتمال یک درصـد معنـی‌دار شـد. همچنـین، ایشان گزارش کرد که بیشترین عملکـرد دانـه از تلقـیح قـارچ مایکوریزا در رقم کیمیا به‌میـزان ۱۹۳۹ کیلـوگرم در هکتـار و کمترین میزان عملکرد دانه در شـاهد (عـدم تلقـیح) در تـوده بومی کالپوش و به‌میزان ۱۳۳۹ کیلـوگرم در هکتـار مشـاهده گردید. مایکوریزا در جذب عناصر غذایی، به‌ویژه فسـفر، بسـیار کارآمد عمل می‌نماید. فسـفر بـر رشـد ریشـه و سـاقه عـدس، تثبیـت N_2 و مقاومـت در برابـر بیمـاری‌هـای گیـاهی تـأثیر می‌گذارد. افزایش در دسترس بودن فسفر باعث افزایش ارتفـاع و شاخه فرعی عـدس (Rasheed *et al.*, 2010; Datta et al., 2013)، وزن هزار دانه به‌واسطه اثـر فسـفر بـر تقسـیم سـلولی (Togay et al., 2008)، شـاخص برداشـت (Fatima *et al.*, 2013)، عملکرد دانه و میـزان پـروتئین (Niri et al., 2010) و محتوای فسفر دانه می‌شود.

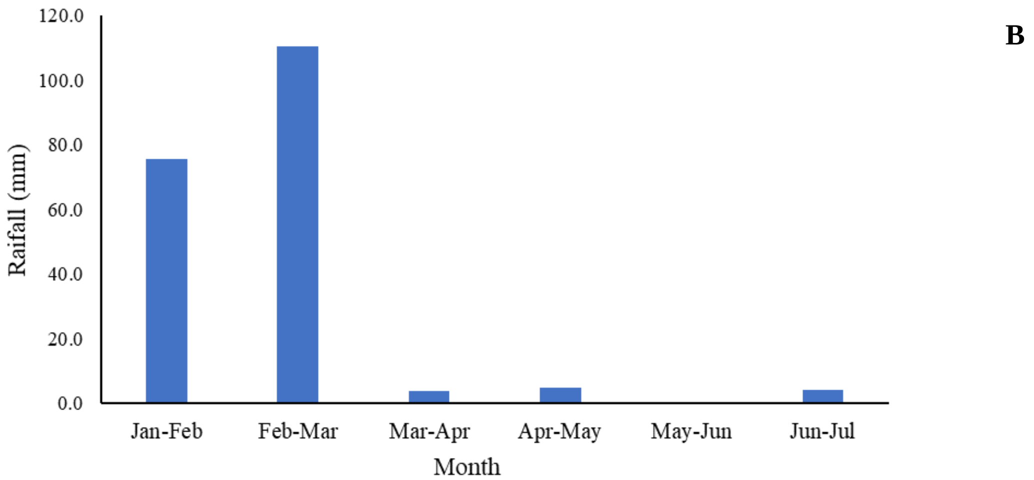
منطقه دشت‌روم در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یاسوج واقـع شده و دارای متوسط بارش بـالغ بـر ۷۰۰ میلـی‌متـر در سـال می‌باشد و ظرفیت بالایی برای تولید محصولات دیم دارد. البته اتمام فصل بارش‌ها از ابتدای اردیبهشت گیاهـان را در مراحـل حساس گل‌دهی و پر شدن دانه دچار تنش خشکی می‌نمایـد. با توجه به روند تغییرات اقلیمی اخیر و گرم شدن هوا و اثر آن بـر روی عملکـرد محصـولات زراعـی از جملـه عـدس، اگـر کشاورزان راهکارهای سازگاری از جمله انتخاب تاریخ کاشت و رقم مناسب برای این تاریخ کاشت را در نظر نگیرند، ایـن امـر ممکن است سبب تأثیرپذیری ارقام مختلف عدس از تغییـرات اقلیمی و گرمایش زمین شود که این موجب کـاهش عملکـرد می‌گردد؛ از این رو، هدف از این آزمایش، بررسـی راهکارهـای تطابق (انتخاب تاریخ کاشت و ارقام مناسب) و تخفیف (کاربرد مایکوریزا) اثرات ناشی از تنش خشکی و ارزیابی تغییرات ایجاد شده بر روی صفات رویشی و زایشی و عملکرد سه رقم عـدس در منطقه دشتروم از شهرستان بویر احمد اسـتان کهگیلویـه و بویر احمد بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۴۰۰- ۱۳۹۹ در منطقه دشـتروم واقـع در۱۰ کیلـومتری مرکـز شهرسـتان بویراحمـد از اسـتان کهگیلویه و بویراحمد با مختصات جغرافیـایی ۳۰ درجـه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی، و ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه طـول شـرقی بـا ارتفـاع ۲۰۹۵ متـر از سـطح دریـا انجـام گرفـت. آب و هـوای منطقه بر اساس طبقه‌بندی کوپن، جزء اقلیم‌های سردسـیر بـا تابستان‌های معتدل می‌باشد. بر اساس طبقه‌بندی آمبـرژه نیـز این منطقه جزء مناطق نیمه خشک طبقه‌بندی مـی‌گـردد. بـر اساس آمار ایستگاه هواشناسی، میـانگین درازمـدت ۳۰ سـاله بارندگی (۱۴۰۰- ۱۳۷۱) در منطقه، ۷۲۶ میلی‌متر، میـانگین ۳۰ ساله حداکثر درجه حرارت منطقه، ۲۴/۵ درجه سانتی‌گراد و حداقل درجه حرارت منطقه، ۱۰/۶ درجـه سـانتی‌گـراد مـی باشد. تغییرات دما و بارش در طول فصل رشد در شکل ۱ الف و ب نمایش داده شده است. خصوصیات خاک محـل آزمـایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالـب طـرح بلـوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی در ایـن آزمایش، سه تاریخ کاشت (۹ بهمن، ۲۴ بهمـن و ۹ اسـفند) و عامل فرعی فاکتوریل دو عامل شامل سه رقم عدس (سنا، بیله سوار و توده محلی) و مایکوریزا (با و بدون مایکوریزا) بود. رقـم سنا با ویژگی‌های عملکرد بالا، درشـتی دانـه بـا میـانگین وزن ۱۰۰ دانه پنج تا شش گرم، جهت کشت بهاره مناطق معتدل و سردسـیر در شـرایط دیـم کشـت مـی‌گـردد (Shabiri et al., 2019). رقم بیلـه‌سـوار حاصـل تلاقـی دو لایـن ILL4605 × ILL4349 با ویژگی‌های بازارپسندی بالا، پر محصولی، تحمـل بالاتر به بیماری پژمردگی فوزاریومی نسبت به رقم محلی است که برای کشت دیم در کشور توصیه شده است (Sabaghpour et al., 2016).





شکل ۱- تغییرات دمای روزانه (a) و بارش ماهانه (b) در طول فصل رشد عدس

Fig. 1- Changes in daily temperature (a) and monthly precipitation (b) during the lentil growing season

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1-Physical and chemical properties of the experimental field soil

بافت (٪) Texture (%)	رس (٪) Clay (%)	شن (٪) Sand (%)	کربن آلی (٪) Organic carbon (%)	منگنز (ppm) Magnesium (ppm)	مس (ppm) Cupper (ppm)	روی (ppm) Zinc (ppm)	آهن (ppm) Iron (ppm)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) Potassium (ppm)	نیتروژن (٪) Nitrogen (%)	اسیدیته Acidity
لومی سیلتی Silty loam	22	22	0.53	4.40	0.60	0.36	3.20	12	139	0.07	7.58

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه به‌وسیله گاوآهن قلمی به‌عمق ۲۵ سانتی‌متر و عملیات خاکورزی ثانویه شامل دو مرحله دیسک عمود برهم، عملیات تسطیح زمین توسط تسطیح‌گر (لولر) و همچنین، ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت انجام شد. ابعاد هر کرت ۱/۵ × ۴ متر، شامل چهار خط کاشت و فاصله بین خطوط کاشت ۲۵ سانتی متر و فاصله بین بوته‌ها روی خط کاشت، پنج سانتی‌متر بود که در کف جویچه‌های کم عمق کشت (عمق سه تا پنج سانتی‌متری) صورت گرفت. فاصله بین بلوک‌ها، یک متر و فاصله بین کرت‌های مجاور، ۵۰ سانتی‌متر منظور شد. کلیه مراقبت‌های لازم در طول فصل رشد برای همه تیمارها اعمال شد. کود مصرفی فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و نیتروژن خالص از منبع اوره به‌عنوان شروع‌کننده به‌میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کشت اضافه گردید. کود زیستی مایکوریزا آربوسکولار (هر گرم کودزیستی حاوی ۱۲۰ اسپور از گونه *Funneliformis moseae*) از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک همدان تهیه شد و سپس، بر پایه توصیه شرکت سازنده به‌میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌صورت نواری زیر بذرها قرار گرفت. از هر کرت سه مترمربع انتخاب گردید و نمونه‌گیری از برگ‌های بالایی بوته‌ها در صبح زود انجام شد. به‌منظور جلوگیری از تغییر میزان پرولین، کلروفیل و قندهای محلول، نمونه‌ها پس از قرار گرفتن در ظرف حاوی یخ، به آزمایشگاه منتقل شده و تا زمان استفاده در دمای ۴۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اندازه‌گیری عناصر غذایی نیتروژن و فسفر دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام گرفت.

برای تعیین درصد نیتروژن دانه از روش نووزامسکی و همکاران (Novozamsky et al., 1974) استفاده شد. تعیین نیتروژن در این روش بر اساس واکنش برتلوت است. طی این واکنش، یک ترکیب فنولی (سالیسیلات) در حضور آمونیاک و هیپوکلرید، تولید یک رنگ سبز آبی می‌کند. در محیط قلیایی، ایندوفنل تشکیل شده، به‌رنگ سبز آبی در می‌آید که میزان جذب آن توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A در طول موج ۶۶۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

جهت اندازه‌گیری فسفر دانه از روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات – وآنادات) با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A استفاده شد که طی دو مرحله این کار انجام شد: مرحله اول: آماده کردن محلول فسفر (روش محلول زرد رنگ) و مرحله دوم: مقدار ۱۰ میلی‌لیتر از محلول زرد رنگ فسفر را با ۱۰ میلی‌لیتر از عصاره گیاه آماده شده، مخلوط کرده و با آب مقطر به حجم ۵۰ رسانده و سپس، از محلول موجود مقداری در سل ریخته و با دستگاه اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت گردید و در نهایت، میزان درصد فسفر دانه با استفاده از منحنی‌های استاندارد درصد فسفر دانه محاسبه شد (Emami et al., 1996). عملیات استخراج کلروفیل از برگ‌های گیاه، به‌وسیله استون ۸۰ درصد و کربنات کلسیم در یک حمام یخی صورت گرفت. میزان کلروفیل موجود در برگ گیاه به‌روش پیشنهادی آرنون (Arnon, 1949) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری محتوای پرولین برگ نمونه‌های تازه برگ در حضور نیتروژن مایع در داخل هاون چینی آسیاب شده و سپس، با سولفوسالیسیلیک اسید هموژن شد. پس از سانتریفیوژ شدن، محلول شناور به‌همراه ناین هیدرین اسید و استیک اسید در حمام آب گرم قرار داده شد و سپس برای توقف واکنش در یخ قرار گرفتند. پس از افزودن تولوئن، جذب مایع رنگی حاوی پرولین در طول موج ۵۲۰ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SHIMADZO 54A اندازه‌گیری شد و در نهایت، غلظت پرولین با استفاده از منحنی‌های استاندارد پرولین محاسبه شد (Paquine & Lechasseur, 1979).

جهت اندازه‌گیری محتوای قندهای محلول ابتدا عصاره الکلی از برگ تهیه شد و به ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره میزان سه میلی‌لیتر آنترون تازه اضافه شد و به‌مدت ۱۰ دقیقه در بن‌ماری قرار گرفتند و پس از خنک شدن نمونه‌ها، اندازه‌گیری آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل SHIMADZO 54A) انجام شد (Irigoyen et al., 1992).

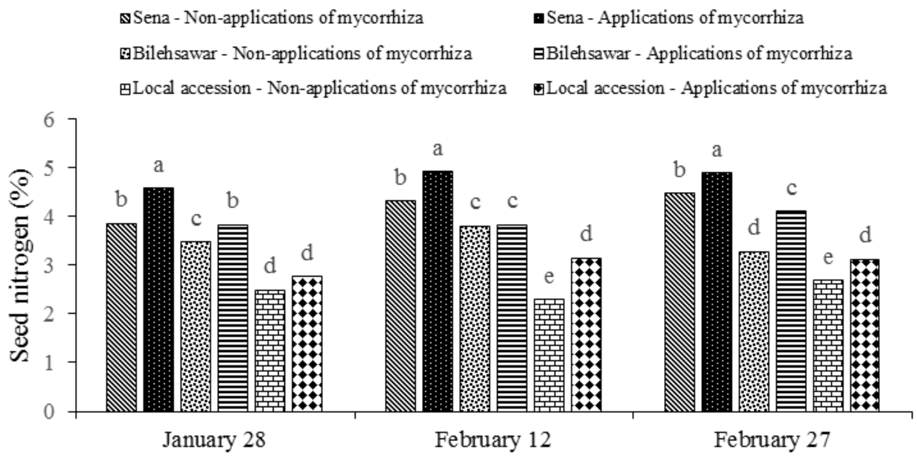
برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته، تعداد پنج عدد بوته عدس در مرحله غلاف‌بندی انتخاب و میانگین ارتفاع بوته برای هر کرت لحاظ شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه بعد از حذف حاشیه، سه مترمربع مساحت هر کرت برداشت و عملکرد نهایی دانه به‌دست آمد و سپس بصورت کیلوگرم بر هکتار محاسبه شد. همچنین، برای اندازه‌گیری عملکرد زیستی بعد از خشک کردن بوته‌ها در آون (به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد)، کل بوته‌ها برای عملکرد زیستی توزین شدند. عدد به‌دست آمده به واحد کیلوگرم بر هکتار تبدیل شد. در پایان، داده‌های حاصل پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver. 9.1) تجزیه واریانس شدند و مقایسه‌های میانگین با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

درصد نیتروژن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم در سطح احتمال یک درصد بر درصد نیتروژن دانه می‌باشد (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه به ۹ اسفند ماه درصد نیتروژن در دانه روند افزایشی نشان داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین درصد نیتروژن دانه (۴/۵۹ درصد) از رقم سنا به همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۲/۵۰ درصد) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید که اختلاف معنی‌داری با تیمار رقم محلی به‌همراه کاربرد مایکوریزا نشان نداد (شکل ۲). در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز بیشترین درصد نیتروژن دانه (۴/۹۳ درصد) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۲/۳۰ درصد) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید. در این تاریخ کاشت در رقم بیله سوار اختلاف معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نشد (شکل ۲). همچنین، در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز بیشترین و کم‌ترین درصد نیتروژن به‌ترتیب با میانگین ۴/۹۰ و ۲/۶۹ درصد از رقم سنا به همراه مایکوریزا و رقم سنا در شرایط بدون کاربرد مایکوریزا حاصل شد (شکل ۲).

بیشتر بودن درصد نیتروژن دانه در تاریخ کاشت دیر هنگام، نسبت به فصل کاشت زود هنگام را می‌توان مرتبط با کاهش طول دوره رشد و نمو در فصل کاشت دیرهنگام دانست که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات‌ها به پروتیئن و در نتیجه، افزایش درصد پروتیئن دانه و در نتیجه، نیتروژن شده است (Naseri et al., 2012). به نظر می‌رسد که در تاریخ‌های کاشت زودتر، گیاه فرصت بیشتری در استفاده از عناصر مغذی به‌خصوص نیتروژن داشته، درحالی‌که در تاریخ کاشت دیرتر با توجه به کوتاه بودن دوره رشد گیاه، چنین امکانی وجود نداشته است و در نتیجه، این موضوع سبب افزایش سهم پروتئین در دانه شده می‌شود (Ouji & Mouelhi, 2016). روابط مایکوریزایی از طریق تأثیر بر قدرت جذب عناصر غذایی موجب بهبود درصد نیتروژن دانه می‌گردد و از آن‌جا که عنصر نیتروژن ماده اولیه تشکیل پروتئین می‌باشد، احتمالاً یکی از دلایل افزایش پروتئین با کاربرد قارچ مایکوریزا افزایش در درصد نیتروژن دانه (شکل ۳) می‌باشد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019). همچنین نشان داده شده که تلقیح مایکوریزا در گیاه ماش از طریق تأثیر بر جذب آب و عناصر غذایی مانند فسفر و نیتروژن غلظت اسیدهای آمینه و مقدار پروتئین کل را در گیاهان همزیست افزایش می‌دهد (Habibzadeh et al., 2015). در همین راستا، بیژنی و همکاران (Bijhine et al., 2020) مشاهده نمودند، کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش درصد نیتروژن دانه در گیاه شنبلیله گردید.



شکل ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای درصد نیتروژن دانه در عدس

Fig. 2- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on seed nitrogen percentage in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

جدول ۲- نتایج حاصل از تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تاریخ کاشت و مایکوریزا بر درصد نیتروژن و فسفر دانه و برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد در سه رقم عدس

Table 2-The results of analysis of variance (mean square) of the effect sowing date and mycorrhiza on grain nitrogen percentage and grain phosphorus and some physiological traits and yield in three lentil cultivars.

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	درصد نیتروژن دانه Grain nitrogen percentage	ارتفاع بوته Plant height	درصد فسفر دانه Seed phosphorus percentage	کلروفیل کل Total chlorophyll	محتوای پرولین برگ Leaf proline content	محتوای قندهای محلول برگ Leaf soluble sugars content	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیستی Biological yield
تکرار Replication	2	0.01 ns	2.67 ns	0.04*	0.0001*	3.86*	30.74**	2793.54*	3099.71 ns
تاریخ کاشت Sowing date	2	0.35**	39.32**	0.18**	0.07**	33.78**	2554.31**	590834.67**	3685958.08**
خطای عامل اصلی Main factor error	4	0.02	0.75	0.009	0.0002	0.67	7.34	292.38	2100.59
رقم Cultivar	2	13.98**	390.91**	0.38**	0.05**	59.23**	5029.57**	1115166.31**	5916054.84**
مایکوریزا Mycorrhiza	1	3.34**	263.39**	2.73**	0.03**	103.58**	3334.68**	88282.14**	362309.23**
رقم× مایکوریزا Cultivar × mycorrhiza	2	0.04 ns	16.17**	0.05*	0.003**	1.21 ns	42.12**	2382.06 ns	41294.39**
تاریخ کاشت × رقم Cultivar × sowing date	4	0.09*	1.29 ns	0.03*	0.01**	7.01**	423.25**	15142.74**	75768.99**
تاریخ کاشت × مایکوریزا Sowing date × mycorrhiza	2	0.01 ns	0.09 ns	0.02 ns	0.001*	1.57 ns	33.35 ns	878.78 ns	40421.76 **
تاریخ کاشت × مایکوریزا×رقم Sowing date × mycorrhiza ×cultivar	4	0.20**	0.71 ns	0.006 ns	0.003**	0.58 ns	28.06**	656.58 ns	53052.58**
خطای عامل فرعی Sub-factor error	30	0.02	1.08	0.01	0.0004	0.83	19.71	1047.06	2564.49
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	4.57	3.14	7.35	11.23	9.95	5.25	4.23	2.71

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطوح خطای احتمال پنج درصد و یک درصد را نشان می‌دهد.

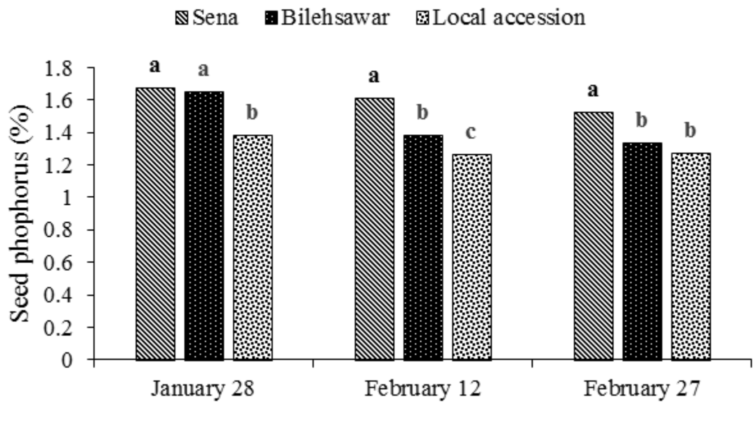
ns, * and **: non-significant and significant at 5% and 1% probability error levels, respectively

درصد فسفر دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) بیانگر معنی‌داری برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و مایکوریزا و رقم بر درصد فسفر دانه در سطح احتمال خطای پنج درصد بود. به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت، از درصد فسفر دانه در عدس کاسته شد. در تاریخ کاشت‌های ۹ بهمن ماه، ۲۴ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه بیشترین درصد فسفر دانه به‌ترتیب با میانگین‌های ۱/۶۷، ۱/۶۱ و ۱/۵۲ درصد از رقم سنا و کم‌ترین آن نیز با میانگین‌های ۱/۳۸، ۱/۲۶ و ۱/۲۷ در رقم محلی مشاهده شد که به‌ترتیب با یکدیگر اختلاف ۲۱/۰۱، ۲۷/۷۷ و ۱۹/۶۸ درصدی نشان دادند. در تاریخ کاشت ۹ بهمن، اختلاف معنی‌داری بین رقم سنا و بیله سوار مشاهده نگردید. در تاریخ کاشت ۹ اسفند نیز رقم بیله سوار و محلی از نظر درصد فسفر دانه در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۳). مقایسه میانگین سطوح رقم در هر سطح مایکوریزا نشان داد، به‌طور کلی کاربرد مایکوریزا موجب افزایش درصد فسفر در دانه هر سه رقم گردیده است. با کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا رقم بیله‌سوار از تجمع فسفر بیشتری نسبت به سایر ارقام بر خوردار بود و رقم محلی نیز در هر دو شرایط کابرد و عدم کاربرد مایکوریزا دارای کم‌ترین درصد فسفر دانه بود (شکل ۴).

فسفر روی گیاهان اثرات متنوعی دارد. این عنصر در ترکیب پروتئین‌های مرکب، تولید برخی از لیپیدها و تبادل انرژی در اندام‌های مختلف و همچنین در رشد و تولید ریشه‌های قوی و مقاومت گیاهان به بیماری‌های گیاهی، تلقیح گل، تشکیل میوه و دانه نقش به‌سزایی دارد (Sawan et al., 2011). معمولاً با افزایش دما، قابلیت استفاده از فسفر معدنی کاهش می‌یابد، از این‌رو با توجه به کمتر بودن فسفر دانه در کشت ۹ اسفند ماه، می‌توان چنین بیان کرد که در کشت دیر هنگام عدس، توانایی جذب فسفر به‌علت افزایش دما کاهش یافته، بنابراین ذخیره فسفر در دانه‌ها نیز نسبت به کشت زود هنگام (۹ بهمن ماه) کمتر شده است (Karimi Jalilehvandi et al., 2017).

طبق بررسی‌های صورت گرفته، مشخص شده است که نقش اساسی قارچ‌های مایکوریزا تأمین فسفر برای گیاه است. فسفر در خاک، عنصری فوق‌العاده کم تحرک است، به‌طوری‌که حتی اگر فسفر به‌شکل محلول به خاک اضافه شود، به‌سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به‌صورت غیر متحرک در می‌آید، لذا قارچ‌های مایکوریزا در افزایش جذب مواد معدنی به‌ویژه فسفر و تجمع ماده خشک بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارند. تلقیح ریشه گیاهان با میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با افزایش ناحیه تخلیه فسفر به‌وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد. مایکوریزا همچنین از طریق سازوکارهای غیر مستقیم شامل اثر بر ویژگی رایزوسفر مانند تغییر pH و الگوی سامانه ریشه‌ای می‌تواند بر جذب فسفر مؤثر باشد. در یک تحقیق، تلقیح گیاه نخود با قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری باعث افزایش غلظت و محتوای فسفر گیاه نخود گردید (Mohammadi et al., 2014).

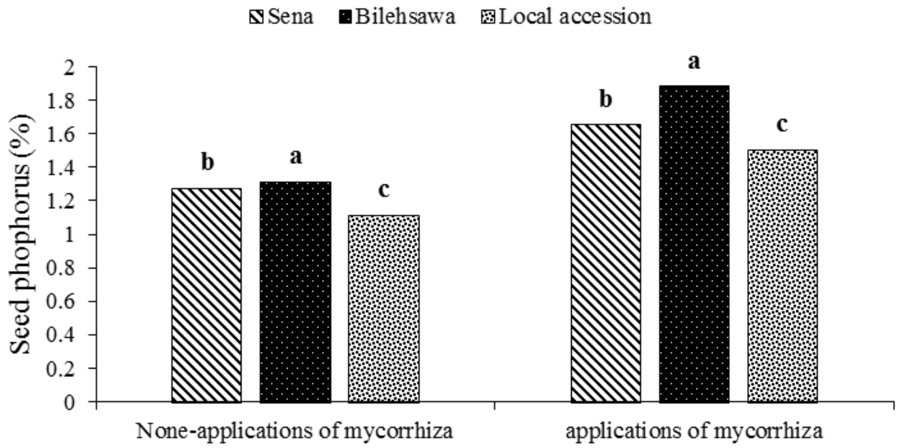


شکل ۳- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای درصد فسفر دانه در عدس

Fig. 3- Interaction of sowing date and cultivar on seed phosphorus percentage in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.



شکل ۴- مقایسه میانگین رقم در هر سطح مایکوریزا برای درصد فسفر دانه در عدس

Fig. 4- Interaction of mycorrhiza and cultivar on seed phosphorus percentage in lentils

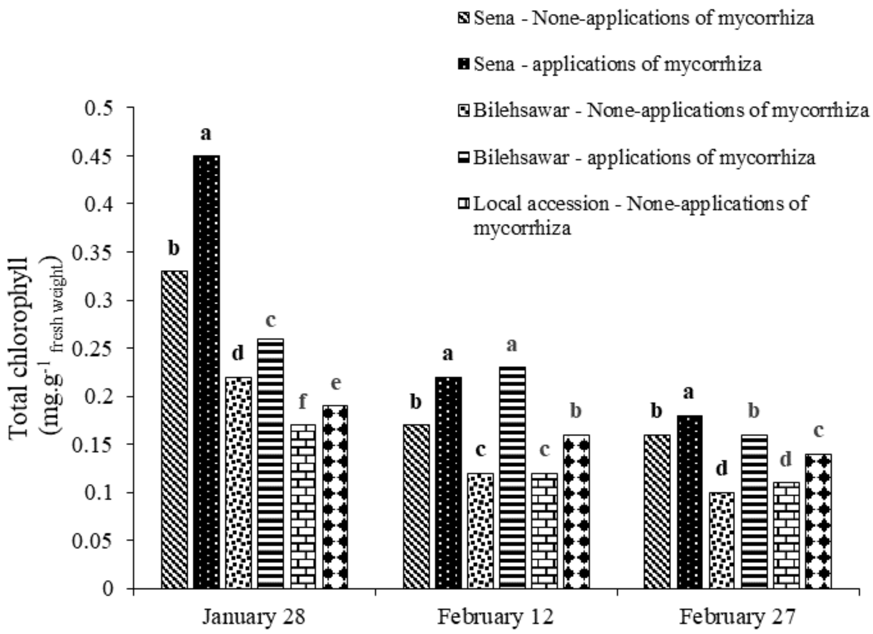
در هر سطح مایکوریزا حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each mycorrhiza level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

محتوای کلروفیل کل

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده معنی‌داری اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم در سطح احتمال خطای یک درصد بر محتوای کلروفیل کل می‌باشد (جدول ۲). به‌طور کلی، با تغییر تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه به تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، محتوای کلروفیل کل برگ کاسته شد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، بیشترین محتوای کلروفیل کل (۰/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۰/۱۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید که اختلاف ۶۲/۲۲ درصدی نشان دادند (شکل ۵). در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز بیشترین محتوای کلروفیل کل (۰/۲۳ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از رقم بیله سوار به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز (۰/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) از ارقام بیله سوار و محلی و در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا حاصل گردید. در این تاریخ کاشت در رقم بیله سوار، اختلاف معنی‌داری بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نشد (شکل ۶). همچنین، در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز بیشترین و کم‌ترین محتوای کلروفیل کل به‌ترتیب با میانگین ۰/۱۸ و ۰/۱۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از تیمارهای رقم سنا به‌همراه مایکوریزا و رقم بیله سوار در شرایط بدون کاربرد مایکوریزا حاصل شد (شکل ۵). میزان تجمع کلروفیل در بافت‌های سبز گیاهی از مهم‌ترین صفت‌های فیزیولوژیکی است که رابطه مستقیمی با میزان فتوسنتز و ماده خشک گیاهی دارد و میزان آن در شرایط تنش به‌واسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های اکسیداز و کلروفیلاز به‌شدت کاهش می‌یابد (Baghbani-Arani et al., 2017). به همین دلیل، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه به‌علت افزایش دما و هم‌چنین کمبود آب، محتوای کلروفیل در هر سه رقم عدس کاهش یافته است. علت کاهش بیشتر محتوای کلروفیل در رقم محلی نیز می‌تواند ناشی از حساسیت بیشتر، ناسازگاری و مقاومت کم‌تر این رقم به تنش خشکی آخر فصل باشد (Adavi et al., 2018).

گزارش شده است که تأخیر در کاشت و مواجهه گیاه با خشکی انتهایی، میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد. از سوی دیگر، نفوذ نور در کف سایه‌انداز گیاهی تحت تأثیر رشد رویشی گیاه قرار می‌گیرد که در نتیجه، با تأخیر در تاریخ کاشت شاخص سطح برگ و تداوم سطح برگ در دوره زایشی کاهش می‌یابد. در نهایت، سبب کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی در دوره زایشی می‌شود (Khorasani et al., 2012).



شکل ۵- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای کلروفیل کل در عدس

Fig. 5- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on total chlorophyll in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

محتوای پرولین برگ

برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و اثر اصلی مایکوریزا بر محتوای پرولین برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر در تاریخ کاشت از ۹ بهمن ماه تا ۹ اسفند ماه محتوای پرولین برگ روند صعودی-نزولی را نشان داد، در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه رقم سنا دارای بیشترین محتوای پرولین برگ (۱۳/۱۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) و رقم محلی دارای کم‌ترین محتوای پرولین برگ (۸/۴۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ) بود. در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه محتوای پرولین برگ نسبت به تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه کاهش یافت، امّا همانند تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین آن با میانگین ۹/۹۰ میکرومول بر گرم وزن تر برگ متعلق به رقم سنا و کم‌ترین آن با میانگین ۶/۲۵ میکرومول بر گرم وزن تر برگ متعلق به رقم محلی بود که با رقم بیله سوار در یک گروه آماری قرار گرفتند. در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، محتوای پرولین برگ نسبت به تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه کمی افزایش یافت، به‌طوری‌که رقم بیله سوار با ۱۰/۴۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بیشترین محتوای پرولین برگ و رقم محلی با ۷/۶۹ میکرومول بر گرم وزن تر برگ کم‌ترین محتوای پرولین برگ را نشان داد. بین رقم بیله سوار و سنا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۶).

مقایسه میانگین اثر مایکوریزا نشان از معنی‌داری اثر مایکوریزا بر محتوای پرولین برگ دارد، به‌گونه‌ای که کاربرد مایکوریزا محتوای پرولین را ۲۶/۲۵ درصد نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا در برگ عدس افزایش داد (شکل ۷). تاریخ کاشت نامناسب منجر به مواجهه مراحل مختلف رشد با شرایط دمایی و رطوبتی متفاوت، از جمله کاهش یا افزایش دما و فرصت کوتاه برای تولید گل و یا برگ می‌گردد، بنابراین شرایط متفاوت می‌تواند نوعی تنش محسوب شود که افزایش غلظت پرولین در برگ ارقام عدس که حاصل تاریخ کاشت‌های ۹ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه است را توجیه می‌کند. گیاهان به‌دلیل داشتن ترکیبات ذخیره در درون خود (به‌خصوص پروتئین‌ها) خاصیت محافظتی و مقاومت خود را در برابر تنش سرما از دست نمی‌دهند و در برگ‌های بالغ تجزیه پروتئین‌ها باعث کاهش غلظت آن‌ها و در نتیجه، افزایش اسیدهای آمینه آزاد از جمله پرولین می‌شود (Ghobadi et al., 2015).

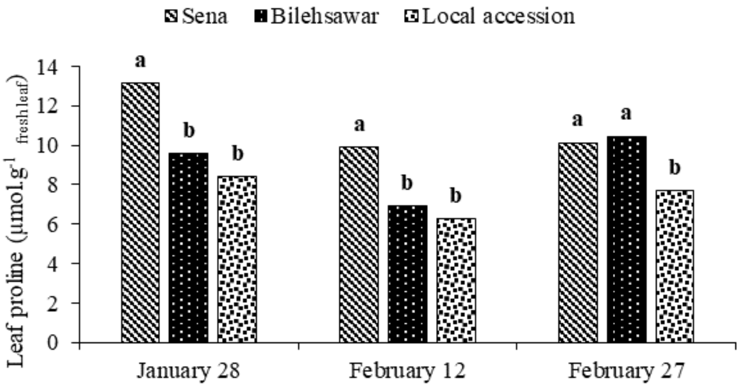
معمولاً گیاهان مایکوریزایی با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزایی می‌توانند به‌طور موقت از شرایط کم‌آبی ناشی از شرایط دیم فرار کنند و کمتر دچار آسیب شوند و در نتیجه، میزان پرولین نسبت به

گیاهان بدون مایکوریزایی افت کمتری نشان می‌دهد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019). از آنجا که پرولین به‌عنوان منبعی از نیتروژن در شرایط تنش در گیاه مطرح می‌باشد، مایکوریزا با جذب بیشتر این عنصر (شکل ۲) می‌تواند موجب افزایش در تولید پرولین می‌شود. برخی از محققان بر این باورند که مایکوریزا باعث افزایش پرولین در برگ گیاهان میزبان می‌شود و دلیل این امر را این‌گونه بیان می‌کنند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آبی برگ شده و گیاه را از صدمات کم آبی محافظت می‌کنند (Khalafallah & Aboghalia, 2008).

محتوای قندهای محلول برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم بر محتوای قندهای محلول برگ در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). به‌طور کلی، با تأخیر کاشت محتوای قندهای محلول برگ کاهش یافت. کاربرد مایکوریزا، این صفت را افزایش داد. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی موجب افزایش ۱۹/۳۱، ۱۶/۳۳ و ۱۷/۲۷ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد. در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه نیز کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی به‌ترتیب موجب افزایش ۲۰/۸۱، ۱۷/۱۱ و ۱۲/۲۲ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد. همچنین در تاریخ ۹ اسفند ماه، کاربرد مایکوریزا در ارقام سنا، بیله سوار و محلی به‌ترتیب موجب افزایش ۱۳/۷۸، ۱۳/۶۱ و ۲۱/۴۷ درصدی محتوای قندهای محلول برگ شد (شکل ۸).

پژوهشگران نتیجه گرفتند زمانی که گیاهان تعداد روزهای بیشتری را در یخبندان می‌گذرانند، برای مقابله با سرما میزان نشاسته بیشتری را به قندهای محلول تبدیل کرده و با افزایش فشار اسمزی داخل سلول میزان تحمل به سرمای گیاه افزایش می‌یابد. به همین علت، به نظر می‌رسد که در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، گیاهان سرمای بیشتری را تحمل کرده و درصد قند در این تاریخ کاشت در هر سه رقم افزایش یافته است. همچنین، تأخیر در کاشت باعث کاهش درصد قندهای محلول و نشاسته در ریشه و حساسیت رقم‌ها به سرما می‌شود (Jan et al., 2018). بعضی از پژوهشگران بر این باور هستند که همزیستی با مایکوریزا باعث افزایش قندهای محلول در برگ گیاهان میزبان می‌شود و دلیل این امر را این گونه بیان کرده‌اند که این ترکیبات با تجمع در سلول، باعث کاهش پتانسیل آب برگ شده و گیاه را از صدمات ناشی از تنش‌های محیطی محافظت می‌کنند (Fouad et al., 2014). در همین راستا، رحیمی و همکاران (Rahimi et al., 2019) مشاهده نمودند که تلقیح گیاه شنبلیله با قارچ مایکوریزا موجب افزایش محتوای قندهای محلول در این گیاه شد.

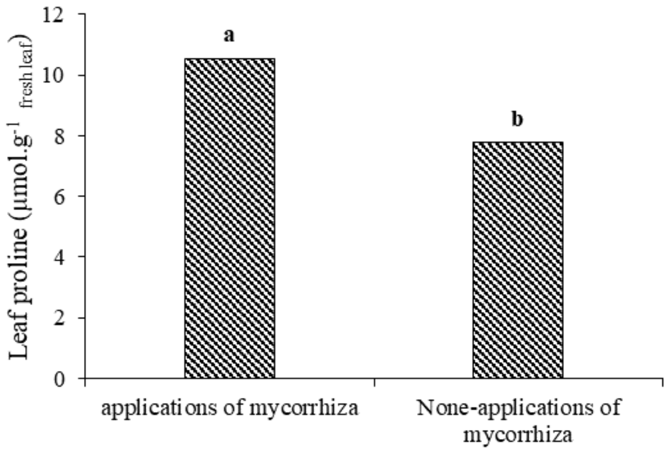


شکل ۶- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای پرولین برگ در عدس

Fig. 6- Interaction of cultivar and sowing date on leaf proline content in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

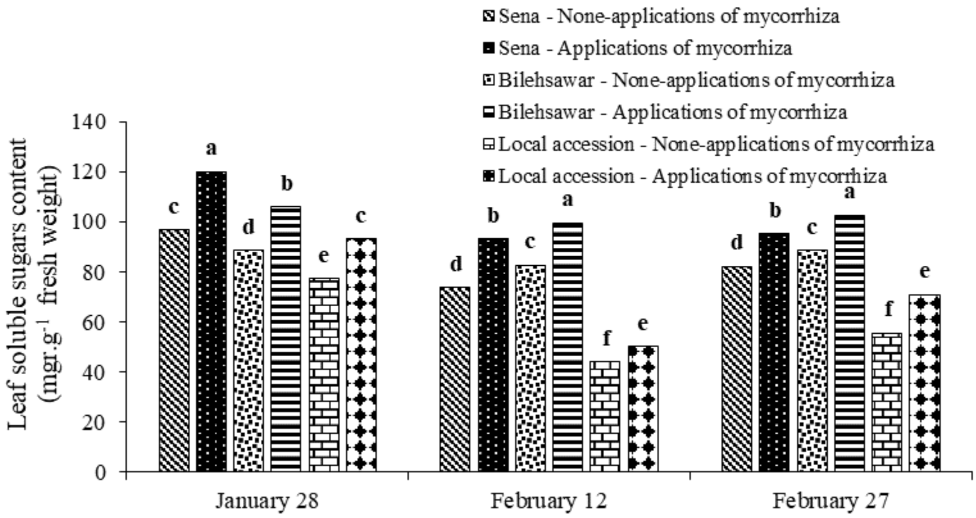


شکل ۷- مقایسه میانگین اثر مایکوریزا برای محتوای پرولین برگ عدس

Fig. 7- Effect of mycorrhiza on leaf proline content in lentils

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means with at least one common letter indicate no significant difference based on the LSD test at 5% probability level.



شکل ۸- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای محتوای قندهای محلول برگ در عدس

Fig. 8- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on leaf soluble sugars in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

ارتفاع بوته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که برهم‌کنش رقم و مایکوریزا و اثر اصلی تاریخ کاشت در سطح احتمال خطای یک درصد بر ارتفاع بوته در عدس معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین سطوح رقم در هر سطح مایکوریزا نشان داد که با کاربرد مایکوریزا ارتفاع بوته در عدس در هر سه رقم نسبت به عدم کاربرد مایکوریزا افزایش یافت. در شرایط عدم کاربرد مایکوریزا، رقم سنا با میانگین ۳۵/۰۴ سانتی‌متر دارای بیشترین ارتفاع بوته بود که نسبت به رقم محلی که از کم‌ترین ارتفاع بوته (۲۴/۴۳ سانتی‌متر) برخوردار بود، اختلاف ۴۳/۴۳ درصدی نشان داد. در شرایط کاربرد قارچ مایکوریزا نیز رقم سنا بیشترین ارتفاع بوته (۴۱/۶۰ سانتی‌متر) را نشان داد، امّا بین ارقام بیله‌سوار و سنا اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۹). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی تاریخ کاشت حاکی

از آن بود که بیشترین ارتفاع بوته (۳۴/۵۵ سانتی‌متر) از تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه حاصل گردید که با تاریخ کاشت‌های ۲۴ بهمن‌ماه و ۹ اسفند ماه به‌ترتیب اختلاف ۳/۹۴ و ۹/۳۳ درصدی نشان داد (شکل ۱۰).

در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد که وجود قارچ مایکوریزا در محیط ریشه گیاه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است و منجر به افزایش ارتفاع در هر سه رقم عدس می‌گردد. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک‌کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ مایکوریزا در خاک تولید می‌شود (Mishra, 2010). قارچ مایکوریزا از طریق افزایش و بهبود جذب مواد غذایی خاک سازوکار رشد و نمو گیاه را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش شاخص‌های رشدی گیاه می‌شود. نتایج این پژوهش نیز نشان‌دهنده افزایش ارتفاع بوته با کاربرد قارچ مایکوریزا بود. احتمالاً قارچ مایکوریزا با بهبود شرایط خاک و محیط ریشه و همچنین، تسهیل جذب آب و مواد غذایی منجر به جذب بهتر و بیشتر عناصر و به‌خصوص فسفر خاک شده، کارایی فتوسنتز گیاه را بهبود بخشیده و در نهایت، با افزایش توان گیاه، تأثیر مضر تنش خشکی ناشی از شرایط کشت دیم را تعدیل کردند (Tanhaei et al., 2018). افزایش ارتفاع در لوبیا چیتی در اثر کاربرد قارچ مایکوریزا در آزمایش عمادی و همکاران (Emadi et al., 2013) نیز تأیید گردیده است.

کاهش ارتفاع گیاه در تاریخ کاشت دیرهنگام، عمدتاً می‌تواند ناشی از کوتاه شدن فواصل میان گره‌ها در اثر تغییر طول روز و کوتاه شدن دوره رشد رویشی باشد، از طرفی، کشت زودهنگام باعث استقرار مناسب گیاه شده و نهایتاً، این امر منجر به افزایش طول بوته می‌شود. ارتفاع گیاه یک صفت ژنتیکی می‌باشد، امّا می‌تواند تحت تأثیر مدیریت‌های خوب مزرعه‌ای و شرایط اقلیمی قرار گیرد (Alipoor et al., 2017).

عملکرد دانه

برهم‌کنش تاریخ کاشت و رقم و اثر اصلی مایکوریزا در سطح احتمال خطای یک درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). با تأخیر در کاشت از عملکرد دانه کاسته شد و با این حال، در هر سه تاریخ کاشت رقم سنا از عملکرد دانه بیشتری برخوردار بود. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه، ۲۴ بهمن ماه و ۹ اسفند ماه رقم سنا به‌ترتیب با میانگین ۱۱۵۲/۹، ۱۰۵۲/۲۱ و ۸۸۸/۹ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه و رقم محلی به‌ترتیب با میانگین ۶۷۲/۲۱، ۶۳۷/۷۸ و ۳۱۵/۵۶ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین عملکرد دانه را نشان داد (شکل ۱۱). مقایسه میانگین اثر اصلی مایکوریزا نیز نشان از اثر افزایشی ۱۱ درصدی بر عملکرد دانه داشت (شکل ۱۲).

عملکرد دانه در واحد سطح، تابعی از تعداد غلاف است و با تأخیر درکشت کلیه صفات مورفولوژیکی گیاه از جمله ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، فاصله غلاف از سطح خاک و تعداد شاخه فرعی کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، بروز گرما طی دوران رشد زایشی، طول دوره پرشدن دانه را کاهش داده و تعداد دانه در غلاف و همچنین وزن دانه افت پیدا می‌کند که در نتیجه آن، عملکرد دانه دچار نقصان شدیدی می‌شود (Thalji & Shalaldeh, 2006). در مطالعه حاضر مشخص گردید که در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه برخورد مرحله پر شدن دانه با دماهای بالا و همچنین خشکی آخر فصل باعث کاهش شدید عملکرد دانه ارقام عدس گردید. با توجه به اینکه رقم سنا در طول فصل رشد در هر سه تاریخ کاشت از محتوای کلروفیل کل (شکل ۵) و همچنین عناصر غذایی نیتروژن (شکل ۲) و فسفر (شکل ۳) بالاتری برخوردار بوده است، که نهایتاً همه این عوامل موجب افزایش عملکرد دانه در این رقم شده است.

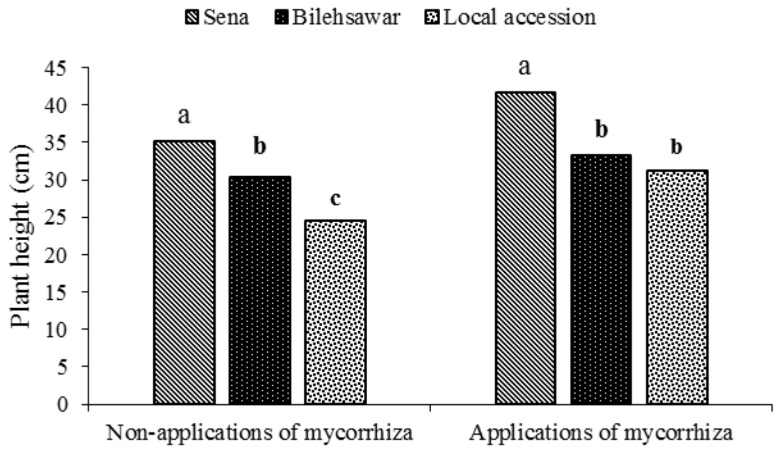
در گیاهان تلقیح شده با مایکوریزا به‌دلیل جذب بیشتر فسفر و عناصر کم مصرف که همگی در فرایند تثبیت نیتروژن مولکولی تأثیرگذار می‌باشند. این فرآیند با شدت و سرعت بیشتری نسبت به گیاهان غیرمیکورزایی به انجام می‌رسد. بنابراین، بهبود رشد گیاهان بقولات پس از برقراری رابطه همزیستی مایکورزایی به افزایش تثبیت نیتروژن و بهبود جذب آن از خاک به‌فرم آمونیوم نسبت داده شده است که همین امر موجب ذخیره مواد غذایی بیشتر در دانه شده و در نهایت، عملکرد دانه افزایش می‌یابد (Seyed Sharifi & Khorramdel, 2016).

عملکرد زیستی

اثر سه‌گانه تاریخ کاشت، مایکوریزا و رقم بر عملکرد زیستی در سطح احتمال خطای یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۲). مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سه سطح تاریخ کاشت نشان داد با کاربرد مایکوریزا در هر سه رقم عملکرد زیستی افزایش یافت. در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشترین عملکرد زیستی با میانگین ۳۲۴۳/۲۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن نیز با میانگین ۱۷۴۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار متعلق به رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا بود. در این تاریخ کاشت،

تفاوت معنی‌داری برای رقم بیله سوار بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا مشاهده نگردید (شکل ۱۳).

در تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه، بیشترین عملکرد زیستی (۲۵۶۷/۸۰ کیلوگرم در هکتار) از رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا و کم‌ترین آن (۱۵۸۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا حاصل گردید و رقم بیله‌سوار هم در شرایط کاربرد و هم عدم کاربرد مایکوریزا و رقم محلی با کاربرد مایکوریزا از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱۳). در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه نیز رقم سنا به‌همراه کاربرد مایکوریزا با میانگین ۲۱۲۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد زیستی و رقم محلی و بدون کاربرد مایکوریزا با میانگین ۷۰۴/۴۳ کیلوگرم در هکتار دارای کم‌ترین عملکرد زیستی بود (شکل ۱۳).

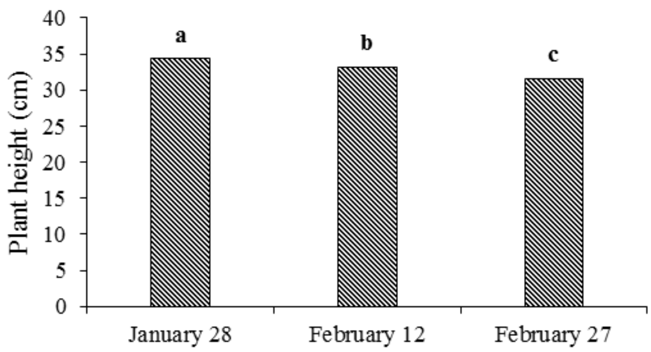


شکل ۹- مقایسه میانگین رقم در هر سطح مایکوریزا برای ارتفاع بوته در عدس

Fig. 9- Interaction of mycorrhiza and cultivar on plant height in lentils

در هر سطح مایکوریزا حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each mycorrhiza level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

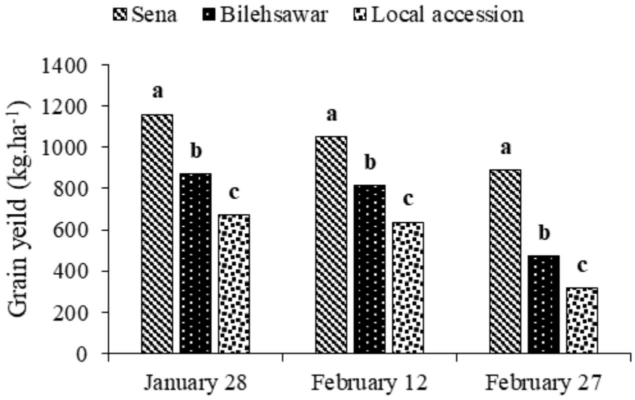


شکل ۱۰- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت برای ارتفاع بوته در عدس

Fig. 10- Effect of sowing date on plant height in lentils

میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Means with at least one common letter indicate no signifacnt difference based on the LSD test at the 5% probability level.

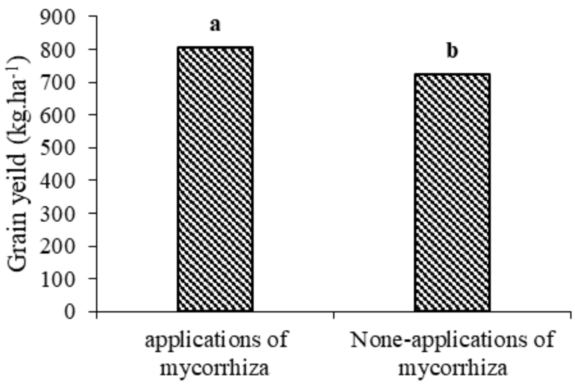


شکل ۱۱- مقایسه میانگین رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای عملکرد دانه در عدس

Fig. 11- Interaction of cultivar and sowing date on seed yield in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each sowing date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.



شکل ۱۲- مقایسه میانگین اثر مایکوریزا برای عملکرد دانه در عدس

Fig. 12- Effect of mycorrhiza on grain yield in lentils

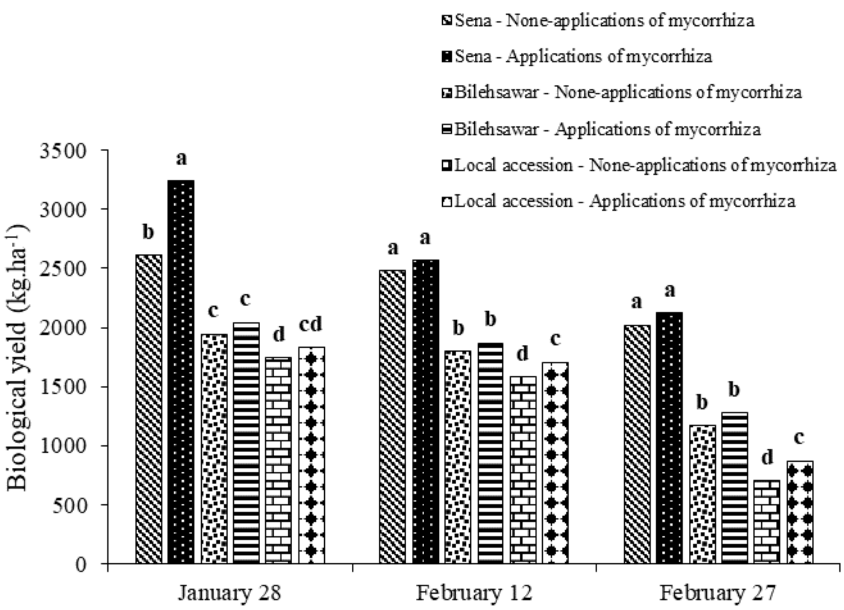
میانگین‌ها با حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Averages with at least one common letter indicate no statistical difference based on the LSD test at the five percent probability level.

به نظر می‌رسد که فراهمی رطوبت همراه با کشت زود هنگام (۹ بهمن ماه)، با افزایش طول دوره رشد رویشی و افزایش کانوپی گیاه، جذب تشعشع فعال فتوسنتزی را افزایش می‌دهد که منجر به افزایش وزن خشک اندام هوایی می‌شود (Amiri et al., 2020). با توجه به افزایش دما و همچنین کوتاه شدن دوره رشد در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه، شاخص سطح برگ به‌عنوان سطح فتوسنتزکننده کاهش یافته و در نتیجه، تولید عملکرد زیستی کاهش یافته است. تأخیر در کاشت، هم رشد رویشی و هم رشد زایشی را در گیاه تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه، مقدار عملکرد زیستی تولید شده، کاهش می‌یابد (Heydarzade et al., 2020). در تاریخ کاشت ۹ و ۲۴ بهمن ماه، به‌دلیل شرایط مطلوب آب و هوایی رشد رویشی بسیار خوب بوده و هنگام ظهور اندام‌های زایشی، چون دمای محیط کاملاً با شرایط بهینه گیاه جهت تلقیح مطابقت داشته است، در نتیجه عملکرد و ماده خشک افزایش بیشتری نشان داد. در تاریخ کاشت ۹ اسفند ماه با وجود رشد رویشی مناسب، و با توجه به حساس بودن مرحله زایشی نسبت به رویشی، افزایش دمای محیط باعث کاهش تلقیح بوته‌ها نسبت به تاریخ کاشت ۹ و ۲۴ بهمن ماه گردیده و در نتیجه، منجر به کاهش عملکرد زیستی شده است.

پژوهشگران بر این باورند که تلقیح گیاه با مایکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن، افزایش میزان کلروفیل سامانه فتوسنتزی و افزایش

فعالیت آنزیم‌هایی مانند نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سینتتاز در گیاه میزبان می‌دانند (Seyed Sharifi & Namvar, 2015). همچنین، محققان نتیجه گرفته‌اند که قارچ مایکوریزا از طریق تولید هورمون‌های گیاهی مانند ایندول استیک اسید سبب افزایش رشد گیاه می‌شوند، به این ترتیب مراحل اولیه رشد گیاهی را تحت تأثیر قرار می‌دهند و ریشه حجم بیشتری از خاک را اشغال می‌کند و سطح جذب عناصر غذایی بالا می‌رود. همچنین، تلقیح مایکوریزا علاوه بر اینکه موجب افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل در گیاه می‌شود، گیاه میزبان عناصر غذایی و آب بیشتری نیز از خاک جذب می‌کند و در نهایت، رشد گیاه افزایش یافته و به‌دنبال عملکرد زیستی گیاه بهبود می‌یابد (Seyed Sharifi et al., 2016).



شکل ۱۳- مقایسه میانگین برهم‌کنش مایکوریزا و رقم در هر سطح تاریخ کاشت برای عملکرد زیستی در عدس

Fig. 13- Interaction of mycorrhiza, cultivar and sowing date on biological yield in lentils

در هر سطح تاریخ کاشت حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم تفاوت آماری معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح احتمال خطای پنج درصد بر اساس رویه L.S.Means می‌باشد.

At each planting date level, means with at least one common letter indicate no significant difference at the 5% probability level based on the L.S.Means procedure.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که تاریخ کاشت، صفات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه و عملکرد زیستی ارقام عدس را تحت تأثیر قرار داده و با تأخیر در کاشت از درصد فسفر دانه، محتوای کلروفیل برگ، ارتفاع بوته، عملکرد دانه و عملکرد زیستی کاسته شد، امّا بر درصد نیتروژن دانه دانه افزوده شد. محتوای پرولین و قندهای محلول برگ در هر سه رقم در اثر تأخیر در کاشت روند نزولی-صعودی نشان داد. به‌طوری‌که در تاریخ کاشت ۹ بهمن، میزان آن بیشتر از تاریخ کاشت ۲۴ بهمن ماه بود و در تاریخ کاشت ۹ اسفند نیز محتوای آن‌ها افزایش یافت. کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش تمامی صفات مورد بررسی شد. همچنین، در هر سه تاریخ کاشت رقم سنا از نظر صفات مورد بررسی از عملکردی بیشتری برخوردار بود. امّا با این حال، عملکرد دانه و عملکرد زیستی آن در تاریخ کاشت ۹ بهمن ماه بیشتر از دیگر تاریخ‌های کاشت بود؛ بنابراین می‌توان گفت کاشت زود هنگام (۹ بهمن ماه) ارقام عدس در منطقه دشتروم باعث شده است که گیاه حداکثر بهره را از فصل رشد ببرد. از طرفی، بهترین نتیجه گرفته شده از کاربرد قارچ مایکوریزا به‌دست آمد. قارچ مایکوریزا توانست با جذب بیشتر عناصر غذایی فسفر و نیتروژن کاهش عملکرد را حدود ۱۰ درصد جبران کند. از بین ارقام مورد بررسی نیز رقم سنا از عملکرد دانه و عملکرد زیستی بالاتری برخوردار بود که نشان‌دهنده مقاومت بیشتر این رقم به شرایط نامساعد محیطی حاصل از شرایط دیم می‌باشد. با توجه به شرایط فوق، رقم سنا به‌همراه کاربرد قارچ مایکوریزا بهترین رقم جهت کاشت زود هنگام در شرایط دیم در منطقه دشتروم می‌باشد.

References

Adavi, Z., & Baghabani-Arani, A. (2018). The effect of planting date and symbiotic mycorrhiza fungi on physiological and growth characteristics of three cultivars of potato. *Iranian Journal of Plant Biology, 10*(1), 39-56. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2018.106547.1053

Agricultural Statistics, (2022). Annual Report. Ministry of Agriculture Press. https://www.maj.ir/Index.aspx. (In Persian)

Alipoor, S., Moradi Talavat, M.R., Siyadat, S.A., & Mosavi, S.H. (2017). Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 7*(2), 45-58. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V7I2.43382

Amiri, S.R., Parsa Motlagh, B., & Yazdani-Biouki, R. (2020). Effects of fall sowing dates and end of season drought stress on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) in Saravan climate conditions. *Iranian Journal of Field Crop Science, 50*(3), 27-38. https://doi.org/10.22059/IJFCS.2019.260512.654490

Arnon, D., (1949). Copper enzymes isolated chloroplasts, polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24*, 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Baghbani-Arani, A., Modarres-Sanavy, S.A.M., Mashhadi-Akbar-Boojar, M., & Mokhtassi-Bidgoli, A. (2017). Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. *Industrial Crops and Products, 109*, 346-357. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.08.049

Bijhine, M., Asgharipour, M.R., & Sirousmehr, A. (2020). Effect of mycorrhizal inoculation and phosphorus fertilizer on morphological and physiological traits of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L) in arsenic contaminated soil. *Journal of Plant Process and Function, 8*(33), 94-106. http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1102-fa.html

Datta, S.K., Sarkar, M.A.R., & Uddin, F.M.J., (2013). Effect of variety and level of phosphorus on the yield and yield components of lentil. *International Journal Agricultural Research Innovation Technology, 3*, 78–82.

Emadi., N., Balouchi, H.R., & Jahanbin, S. (2013). Effect of drought stress and plant density on yield, yield components and some morphological characters of pinto bean (cv. C.O.S16) in Yasouj region. *Electronical Journal of Crops Production, 5*(2), 1-17. (In Persian with English Abstract)

Emami, A. (1996). Methods of plant analysis. Journal number 928. Soil and Water Research Institute.

FAO, 2020. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAO, Rome.

Fatima, K., Hussain, N., Pir, F.A., & Mehdi, M. (2013). Effect of nitrogen and phosphorus on growth and yield of lentil (*Lens culinaris*). *Elixir Applied Botany, 57*, 14323–14325.

Fouad, M. O., Essahibi, A., Benhiba, A., & Qaddoury, A. (2014). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of olive plants against oxidative stress induced by drought. *Spanish Journal of Agricultural Research, 12*, 763-771.

Ghobadi, F., Ghorbani Javid, M., & Sorooshzadeh, A., (2015). Effects of planting date and corm size on flower yield and physiological traits of saffron (*Crocus sativus* L.) under Varamin plain climatic conditions. *Saffron Agronomy and Technology, 2*(4), 276-265. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22048/jsat.2015.8620

Habibzadeh, Y., Jalilian, J., Zardashti, M.R., Pirzad, A., & Eini, O. (2015). Some morpho-physiological characteristics of mung bean mycorrhizal plant under different irrigation regimes in field condition. *Journal of Plant Nutrition, 38*(11), 1754-1767. https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1043374

Heydarzade, M., Ehteshami, S.M.R., & Rabiee, M. (2020). Effect of planting date and plant density on qualitative characteristics, yield and yield components of guar *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub. in Guilan province. *Journal of Plant Process and Function, 9*(39), 197-214.

Irigoyen, J.J., Emerich, D.W., & Sanchez-Diaz, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of prolin and total soluble supers in modulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiological Planetarium, 84*, 55-60. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb08764.x

Jan, N., Majeed, U., Andrabi, K. I., & John, R. (2018). Cold stress modulates osmolytes and antioxidant system in *Calendula officinalis*. *Acta Physiologies Plantarum, 40*, 1-16. https://doi.org/10.1007/s11738-018-2649-0.

Karimi Jalilehvandi, T., Maleki Farahani, S., & Rezazadeh, A.R. (2017). Effects of sowing date and chemical fertilizer on seed vigor and qualitative and quantitative characteristics of Lady's mantle (*Lallemantia royleana* Benth.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant, 33*(1), 126-138. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2017.109717

Khalafallah, A.A., & Abo-Ghalia, H.H. (2008). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. *Applied Sciences Research, 4*, 559-569.

Khorasani, Z., Nezami, A., Nasiri Mahalati, M., & Mohammadabadi, A. (2012). Evaluation of fall planting dates of cumin (*Cuminum cyminum* L.) ecotypes in Mashhad conditions. *Iranian Journal of Filed Crops Research, 10*(1), 43-52. (In Persian with English Abstract)

Mazlomi Mamyandi, M., Pirzad, A.R., & Jalilian, J. (2019). Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Pulses Research, 10*(1), 75-90. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/IJPR.V10I1.63925

Mehraban, A. (2018). Evaluation of quality properties of lentil cultivars (*Lens culinaris* L.) in different sowing dates under rainfed condition. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 27(4), 107-119. (In Persian with English Abstract)

Mishra, B.K., Srivastava, J.P., Lal, J.P., & Sheshshayee, M.S. (2016). Physiological and biochemical adaptations in lentil genotypes under drought stress. *Russian Journal Plant Physiology, 63*, 695–708. https://doi.org/10.1134/S1021443716040117

Mishra, R.H. (2010). Soil Microbiology. Cbs Publishers & Distributors. 187 pp.

Mohammadi, E. Asghari, H.R., & Gholami, A. (2014). Evaluation the possibility of utilization of biological fertilizer mycorrhiza in phosphorus supply in chickpea cultivation (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Filed Crops Research*, *11*(4), 658-665. (In Persian with English Abstract)

Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani, A., Soleymani, R., & Khosh-khabar, H. (2012). Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research, 2*(2), 7-18. https://doi.org/10.22067/IJPR.V2I2.19018

Niri, H.H., Tobeh, A., Gholipouri, A., Zakaria, R.A., Mostafaei, H., & Jamaati-e-Somarin, S. (2010). Effect of nitrogen and phosphorous on yield and protein content of lentil in dryland condition. *American-Eurasian Journal Agricultural Environmental Science, 8*, 185–188.

Novozamsky, I., van Eck, R., Van Schouwenburg, J. C. & Walinga, I., (1974). Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *Netherlands Journal of Agricultural Science, 22*, 3-5. https://doi.org/10.18174/njas.v22i1.17230

Ouji, A., & Mouelhi, M. (2017). Influence of sowing dates on yield and yield components of lentil under semi-arid region of Tunisia. *Journal of New Sciences*, *38*(17), 2077-2082.

Paquine, R., & Lechasseur, P. (1979). Observation surune method dosage labiredans les de plantes. *Canadian Journal of Botany*, *57*, 1851-1854. https://doi.org/10.1139/b79-233

Piade Koohsar, A.A. (2017). Effect of mycorrhiza and rhizobium inoculation on yield and yield component of lentil cultivars in dryland condition. MS.c. Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran. 103 pp. (In Persian with English Abstract)

Rahimi, A., Dovlati, B., Amirnia, R., & Heydarzade, S. (2019). Effect of application of mycorrhizal fungus and Azotobacter on physiological characteristics of Trigonella foenum-graecum L. under water stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*, *11*(4), 1-18. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22108/IJPB.2019.116384.1149

Rasheed, M., Jilani, G., Shah, I.A., Najeeb, U., & Iqbal, T. (2010). Improved lentil production by utilizing genetic variability in response to phosphorus fertilization. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B Soil and Plant Science*, *60*, 485–493. https://doi.org/10.1080/09064710903183562

Sabaghpour, S.H., Pouralibaba, H.R., Mehraban, A., Mostefayee, H., Pezeskhpour, Kerimizadeh, R., Seyedi, F., Mahmoodi, A.A., Ferayedi, Y., Kamel, M., Alahyari, N., Baghdadi, H., & Shahab, M.R. (2016). Bilehsevar, a new large seed size and tolerance to Fusarium wilt lentil cultivar for dryland condition of Iran. *Research Achievements for Field and Horticulture Crops*, *5*(1), 35-45. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22092/RAFHC.2016.109596

Sawan, Z.M., Fahmy, A.H. & Yousef, S.E. (2011). Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science*, *57*, 75-90. https://doi.org/10.1080/03650340903222328

Seyed Sharifi, R., Abbaspour, S., & Seyed Sharifi, R. (2016). Effect of nitrogen rates and seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on grain weight per plant, chlorophyll content and fertilizer use efficiency of triticale. *Plant Production Technology*, *8*(1), 163-177. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22084/PPT.2016.1772

Seyed Sharifi, R., & Khorramdel, S. (2016). Effects of nano-zinc oxide and seed inoculation by plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield, yield components and grain filling period of soybean (*Glycine max* L.). *Iranian Journal of Filed Crops Research*, *13*(40), 738-753. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V13I4.32491

Seyed Sharifi, R., & Namvar, R. (2015). The effect water limitation on some physiological and phytochemical traits of safflower in conditions of application of endomycorrhiza and iron and zinc micronutrients. The second national conference of Iran's rainfed medicinal plants. Orumieh, Iran (In Persian with English Abstract)

Shabiri, S.S., Sadeghzadeh-Ahari, D., Shahab, M.R., Mostafaye, H., Kamel, M., Mahdyeh, M., Asharafi, J., Kheirgoo, M., & Baghdadi, H. (2019). Sana, a new variety of lentils suitable for spring cultivation in cold and dry regions. *Promotional Journal of Rainfed Beans*, *2*(1), 17-30. (In Persian with English Abstract)

Sita, K., Sehgal, A., Kumar, J., Singh, S., Siddique, K.H.M., & Nayyar, H. (2017). Identification of high-temperature tolerant lentil *(Lens culinaris* Medik.) genotypes through leaf and pollen traits. *Frontiers Plant Science*, *8*, 744. https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00744

Tanhaei, R., Yadavi, A.R., Movahedi Dehnavi, M., & Salehi, A. (2018). Effects of mycorrihza fungi and biofertilizer on yield and yield components of red bean *(Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *28*(3), 278-291. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22069/ejcp.2023.19247.2438

Thalji, T., & Shalaldeh, G. (2006). Effect of planting date on faba bean (*Vicia faba* L.) nodulation and performance under semiarid conditions. *World Journal of Agricultural Sciences*, *2*(4), 477-482.

Togay, Y., Togay, N., & Dogan, Y. (2008). Research on the effect of phosphorus and molybdenum applications on the yield and yield parameters in lentil (*Lens culinaris* Medic.). *African Journal Biotechnology*, *7*, 1256–126.